

Ragnar Danielsen

ÁKVÖRÐUN FLATARMÁLS ÓSÆÐARLOKUPRENGSLA MEÐ DOPPLER HJARTAÓMUN

ÁGRIP

Doppler og tvívíddar hjartaómun var beitt hjá 85 sjúklingum er grunaðir voru um ósæðarlokuprengsli til að ákvarða flatarmál lokuprengslanna með notkun svokallaðrar samfellulíkingar. Árangur var borinn saman við niðurstöður er fengust með líkingu Gorlins við hjartaþræðingu. Góð fylgni fannst milli þessara tveggja aðferða ($r=0.96$), en Doppler hjartaómun vanmat lítillega og kerfisbundið flatarmál ósæðarlokuprengsla, einkum hjá sjúklingum með væg þrengsli ($>1.2 \text{ cm}^2$). Þegar höfð er hliðsjón af klínískum einkennum sjúklinga hefur þessi munur þó ekki marktæka þýðingu. Ennfremur þarf hinn óverulegi munur milli aðferðanna ekki endilega að stafa af ónákvæmni við Doppler hjartaómun, heldur allt eins af þekktum skekkjubáttum í hjartaþræðingartækni. Í heildina er Doppler hjartaómun því fullt eins góð aðferð og hjartaþræðing til að ákvarða flatarmál þrengdrar ósæðarloku.

INNGANGUR

Vaxandi notkun Doppler ómunar hefur auðveldað til muna mat ósæðarlokuprengsla án þess að til hjartaþræðingar þurfi að koma. Í fyrstu var Doppler ómun einkum beitt til að mæla slagþrýstingsfall yfir þrengda ósæðarloku, og hafa niðurstöður reynst í góðu samræmi við þrýstingsföll ákvörðuð við hjartaþræðingu (1-3). Þó er notkun þrýstingsfolla, til að ákvarða hve alvarleg ósæðarlokuprengsli eru, háð ýmsum takmörkunum (4). Almenn er ákvörðun flatarmáls ósæðarlokuopsins talin betri mælikvarði á þrengsli (5) og þá jafnan stuðst við niðurstöður líkingar Gorlins við hjartaþræðingu (6). Ýmsar aðferðir hafa þó verið þróaðar til að meta

flatarmál þrengdrar ósæðarloku óblóðugt (7-9). Nýleg aðferð, er byggir á samnotkun Doppler og tvívíddar hjartaómunar og beitingu svonefndrar samfellulíkingar (continuity equation), nýtur vaxandi hylli (10-13). Í rannsókninni, sem hér er til umfjöllunar, er ákvörðun flatarmáls þrengdrar ósæðarloku með Doppler hjartaómunaraðferð borin saman við niðurstöður er fengust við hjartaþræðingu.

EFNIVIÐUR OG AÐFERÐIR

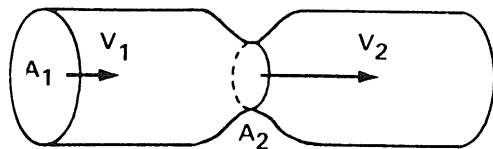
Sjúklingahýði. Rannsóknin nær til 85 sjúklinga (58 karlar) er vísað var til hjartaþræðingar vegna meintra ósæðarlokuprengsla. Aldur sjúklinganna var 17 til 78 ár, meðalaldur 62 ± 12 ár. Fimm sjúklingar reyndust einnig vera með marktækan (gráða $\geq 3+$) ósæðarlokuleka og þrír með míturlokuleka við hjartaþræðingu (14).

Kransæðaprengsli ($>50\%$ þvermálsminnkun) greindust hjá 40 sjúklingum (47%).

Útstreymisbrot vinstra slegils við hjartaþræðingu var frá 27 til 84% (meðaltal $67 \pm 13\%$), en útstreymisrúmmál hjartans var á bilinu 30 til 199 ml (78 ± 23 ml). Sjúklingarnir voru með reglulegan sínustakt, ef frá eru skildir fimm með gáttaflökt. Við úrvinnslu Doppler- og hjartaþræðingargagna var tekið meðaltal af þremur hjartaslögum, en af 10 slögum hjá sjúklingum með gáttaflökt.

Doppler og tvívíddar hjartaómun var framkvæmd innan 48 tíma fyrir hjartaþræðingu hjá öllum sjúklingunum, hjá flestum daginn áður. Klínískt ástand sjúklinga var óbreytt milli ómskoðunar og hjartaþræðingar, en hjartsláttartíðni var nokkru hærrí við síðari rannsóknina (71 ± 14 á móti 73 ± 12 slög/mínútu, $p<0.05$). Ekki reyndist þörf á að útiloka sjúklinga frá rannsóknaruppgjöri vegna ófullnægjandi hjartaómunar- eða hjartaþræðingargagna.

Frá rannsóknardeild í klínískri hjartalífedlifræði Haukeland háskólasjúkrahúsins í Björgvin, Noregi.
Lykilorð: Ósæðarlokuprengsli, Doppler hjartaómun.



Continuity equation: $A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2$
Therefore: $AVA = A_2 = A_1 \cdot V_1 / V_2$

Mynd 1. Teikning er skýrir grunnhugmyndina bak við notkun samfellulíkingarinnar til að ákvarða flatarmál ósæðarlokuþrengsla með Doppler og tvívíddar hjartaómun. $AVA = \text{aortic valve area} = \text{ósæðarlokuflatarmál}$. Til nánari útskýringar á öðrum táknum, sjá greinartexta.

Doppler hjartaómun. Ómskoðunin var gerð með IREX Meridian hjartaómrita, með 2 MHz sjálfstæðum Doppler ómbreyti og samsettum 2-3 /3.5 MHz Doppler og tvívíddar ómbreyti. Flatarmál ósæðarlokuþrengsla var reiknað út frá samfellulíkingunni (10,11): $A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2$. Þar er gengið út frá að margfeldi flatarmáls (A_1) og hámarks hraða (V_1) í útstreymisrás vinstra slegils sé líkt margfeldi flatarmáls (A_2) og hámarks hraða (V_2) hinnar þrengdu ósæðarloku (mynd 1). Umrituð gefur líkingin að flatarmál ósæðarlokuupsins sé: $A_2 = A_1 \times V_1 / V_2$, en A_1 er reiknað út frá líkingunni: $(D/2)^2 \times \pi$, þar sem D er þvermál útstreymisrásar vinstra slegils. Það var mælt sem »innra« þvermál rétt neðan við ósæðarlokufestuna frá tvívíddarómmynd, er tekin var með langássniði til vinstri við bringubeinið. Hámarks hraðinn í útstreymisrás vinstra slegils var skráður með púlssýlgju-Doppler frá broddsláttarstað við tvívíddarinn sýn með samsetta ómbreytinum, rétt neðan við ósæðarlokufestuna (10). Hámarks hraði ósæðarlokubununnar var skráður kerfisbundið með síbylgju-Doppler með sjálfstæða ómbreytinum ofan bringubeins og hægra megin við bringubeinið með sjúklinginn í hægri hliðarlegu. Auk þess var skráð frá broddsláttarstað við innsýn með tvívíddarómun með samsetta ómbreytinum, og sjúklingurinn þá hafður í vinstri hliðarlegu. Engin leiðrétting var gerð með tilliti til hugsanlegrar hornskekkju milli stefnu Doppler ómunar geislans og ósæðarlokubununnar. Hámarks- og meðalþrýstingsföll yfir ósæðarlokuna voru reiknuð út frá Doppler ómrofinu með IREX Meridian mæli- og reikniútbúnaði út frá líkingu Bernoulli (15): $dP = 4 \times V^2$, þar sem dP = þrýstingsfallið

(mmHg) og V = hámarks hraði blóðstreymis (m/s).

Hjartaþræðing. Æðakoma var frá nára. Vinstri slegill var þræddur bakstreymis eða með stungu gegnum gáttaskilsvegg. Mínútuútstreymi hjartans var ákvarðað með hitaþynningaraðferð. Vinstri slegill var myndaður með inndælingu röntgenþéttiefnis í 30 gráðu hægra skásniði og ósæðarstofninn í 45 gráðu vinstra skásniði. Kransæðamyndataka með aðferð Judkins var gerð hjá öllum sjúklingum er voru 40 ára og eldri. Þrýstingsmælingar voru gerðar gegnum vökvafyllta æðaleggi með þrýstiskynjarann á hæð við miðlínu holhandar. Hámarks- og meðalþrýstingsföll yfir ósæðarlokuna voru ákvörðuð hjá 68 sjúklingum með útdráttaraðferð, með því að leggja ósæðarþrýstingskúrfuna yfir þá er fékkst frá vinstra slegli. Hjá 17 sjúklingum voru þrýstingskúrfur skráðar samtímis frá ósæð og vinstra slegli með beitingu gáttaskilsástungu. Flatarmál ósæðarlokuþrengsla var reiknað út eftir líkingu Gorlins (6). Hjá sjúklingum er einnig höfðu marktækan ósæðarlokuleka var flatarmál ósæðarlokuupsins þó reiknað út með notkun mælinga á útstreymisrúmmáli vinstra slegils eftir inndælingu röntgenþéttiefnis, í stað þess að nota hitaþynningaraðferðina (16).

Tölfræði. Niðurstöður er kynntar sem meðaltal ± 1 staðalfrávik. Við mismunamat var stuðst við parað t-próf og tölfræðileg marktækniörk sett við $p < 0.05$. Metin var línuleg fylgni milli flatarmáls ósæðarlokuþrengsla og þrýstingsfalla er mæld voru með Doppler hjartaómun og við hjartaþræðingu. Samsvörum milli mæliaðferðanna var metin með aðferð Altman og Blands (17).

NIÐURSTÖÐUR

Fylgni milli Doppler hjartaómunar og hjartaþræðingar.

Flatarmál ósæðarlokuþrengsla ákvörðuð með Doppler hjartaómun mældust frá 0.31 til 1.84 cm^2 ($0.79 \pm 0.32 \text{ cm}^2$), en við hjartaþræðingu frá 0.31 til 2.00 cm^2 ($0.83 \pm 0.36 \text{ cm}^2$). Mjög góð fylgni fannst milli flatarmála ósæðarlokuþrengsla er ákvörðuð voru með þessum tveimur mæliaðferðum ($r=0.96$) (sjá töflu). Með Doppler ómun mældust hámarksþrýstingsföll frá 25 til 164 mmHg ($82 \pm 35 \text{ mmHg}$) og við hjartaþræðingu frá 25 til 175 mmHg ($87 \pm 39 \text{ mmHg}$).

Table. Correlations between Doppler echocardiographic and catheterization determined aortic valve areas and gradients (n=85).

	r	regression equation	SEE
Aortic valve areas	0.96	$Y=0.86X+0.07$	0.09 cm ²
Maximal gradients	0.93	$Y=0.81X+10.7$	13.2 mmHg
Mean gradients	0.90	$Y=0.75X+7.6$	10.4 mmHg

SEE=standard error of estimate

Y=Doppler

X=catheterization

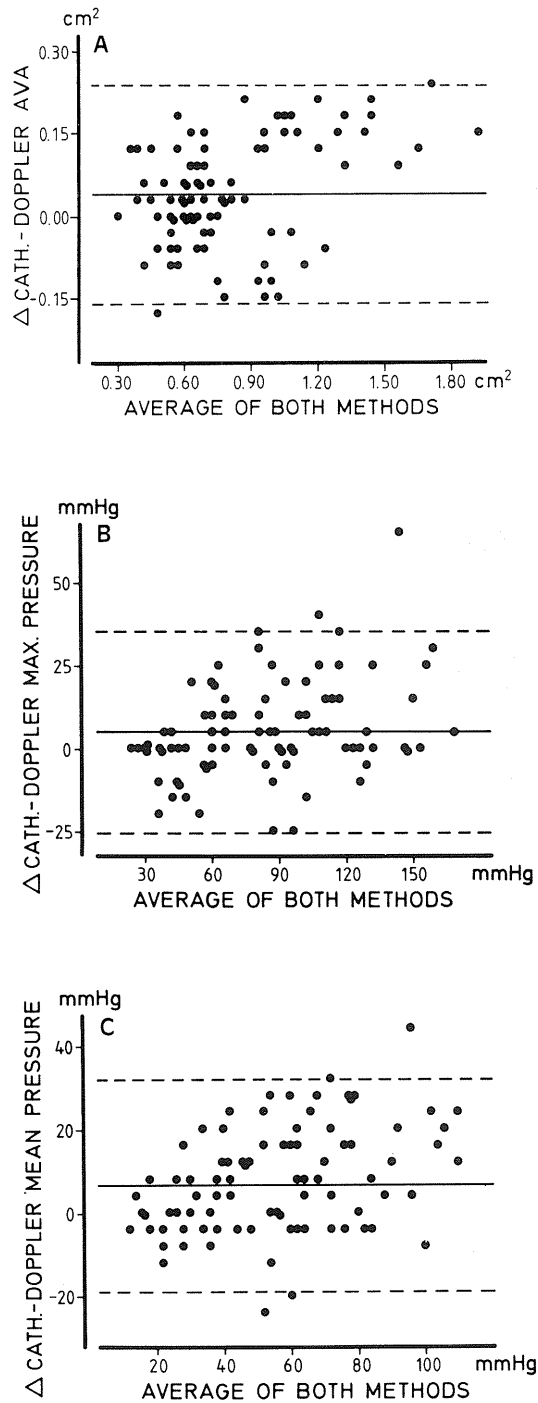
Meðalþrýstingsföll mældust með Doppler ómun frá 13 til 104 mmHg (52 ± 24 mmHg) og við hjartaþræðingu frá 11 til 121 mmHg (59 ± 28 mmHg). Góð fylgni reyndist vera milli aðferðanna, bæði hvað varðar hámarks- ($r=0.93$) og meðalþrýstingsföll ($r=0.90$) (sjá töflu).

Samræmi milli Doppler hjartaómunar og hjartaþræðingar. Þótt almennt myndist gott samræmi milli flatarmála ósæðarlokuþrengsla er ákvörðuð voru með Doppler hjartaómun og við hjartaþræðingu, reyndist Doppler aðferðin kerfisbundið vanmeta flatarmál ósæðarlokuupsins í samanburði við niðurstöður hjartaþræðingar. Var þetta mest áberandi við væg og ómarktæk ósæðarlokuþrengsl (>1.2 cm²), en hins vegar kom fram bæði of- og vanmat á flatarmáli ósæðarlokuupsins þegar þrengslin voru alvarlegri (mynd 2A). Leiddi þetta til óverulegs en þó marktæks munar milli mæliaðferðanna ($p<0.001$).

Í samanburði við niðurstöður hjartaþræðingar vanmat Doppler aðferðin einnig kerfisbundið bæði hámarks- ($p<0.01$) og meðalþrýstingsföll ($p<0.001$). Var þetta gleggst þegar um var að ræða hæstu þrýstingsföllin (mynd 2B, 2C).

UMRÆÐA

Þótt í heildina myndist gott samsvar milli flatarmála ósæðarlokuþrengsla er ákvörðuð voru með Doppler hjartaómun og þeirra er mældust við hjartaþræðingu, vanmat fyrri aðferðin lítilliga og kerfisbundið flatarmálið. Fleiri skýringar koma til greina. Í fyrsta lagi getur þvermál útstreymisrásar vinstra slegils hafa verið vanmetið. Þar sem þetta gildi er hafið upp í annað veldi í samfellulíkingunni, hafa skekkjur á mælingu þess veruleg áhrif. Í rannsókn sem hér er greint frá var þorri sjúklinga aldraðir og reyndust oft hafa



Mynd 2. Samsvörun milli Doppler hjartaómunar og hjartaþræðingar við ákvörðun A) flatarmála ósæðarlokuþrengsla, B) hámarksþrýstingsfalla og C) meðalþrýstingsfalla. X-ás sýnir meðaltal af báðum aðferðunum, Y-ás mismun aðferðanna. Óbrotna línan sýnir heildarmeðalmismun aðferðanna og brotna línurnar ± 2 staðalfrávik frá honum.

verulegar kalkútfellingar í ósæðarloku og við lokufestu. Slíkt getur torveldað nákvæma mælingu á þvermáli útstreymisrásarinnar. Til að minnka skekkjulíkur var kosið að mæla »innra« þvermál hennar (18), þó aðrir hafi notast við »ytri« þvermálmælingar (10).

Önnur hugsanleg skýring á vanmati Doppler hjartaómunar á flatarmáli ósæðarlokuopsins er, að hámarkshraðinn í útstreymisrás vinstra slegils hafi verið mældur of lágur. Fræðilega getur slíkt gerst ef hornið milli Doppler ómgeislans og stefnu útstreymisrásarinnar er of stórt. Þar sem stuðst var við innsýn með tvívíddarómum eru líkur á þessum skekkjuþætti óverulegar. Ennfremur getur hámarkshraðinn í útstreymisrásinni verið vanmetinn ef hann er mældur of langt fyrir neðan lokufestuna. Á hinn bóginn er hægt að ofmeta hraðann ef hann er mældur þétt upp við lokufestuna, þar sem viss hraðaaukning verður í aðhlaupinu að ósæðarlokunni (10,15). Þriðja hugsanlega skýringin á vanmati Doppler hjartaómunar á flatarmáli lokuopsins er ofmat á hámarkshraðanum yfir sjálf ósæðarlokuþrengslin, en tæknilega og fræðilega er það ómögulegt (15).

Mismunur milli ákvarðaðs flatarmáls ósæðarlokuþrengsla með Doppler hjartaómun í samanburði við niðurstöðu hjartaþræðingar þarf ekki endilega að þýða ónákvæmni sem á rætur að rekja til Doppler aðferðarinnar. Fullt eins getur slíkur mismunur endurspeglad innibygðða skekkjuvalda í hjartaþræðingartækni. Þar má nefna skekkjuþætti sem stafa af notkun gilda sem ekki eru mæld samtímis við útreikning á flatarmáli ósæðarlokuopsins með líkingu Gorlins. Þekkt er að líking Gorlins vanmetur venjulega flatarmál lokuþrengslanna þegar lágstreymisástand ríkir (19,20). Notkun fastra staðla í Gorlin líkingunni getur þá leitt til skekkju, auk ónákvæmni við ákvörðun mínútuútstreymis hjartans með hitaþynningaraðferðinni (21,22), eða við mælingu meðalþrýstingsfallsins (23). Líkur eru á að slíkir skekkjuþættir séu meira áberandi þegar notast er við útdráttaraðferðina til að ákvarða þrýstingsföll yfir ósæðarlokuna (2,23).

Hjá sjúklingum sem einnig eru með ósæðarlokuleka getur verið erfitt að meta nákvæmlega mínútuútstreymi hjartans við hjartaþræðingu. Getur þetta valdið

verulegri ónákvæmni við notkun líkingar Gorlins og leiðir oft til ofmats á flatarmáli ósæðarlokuopsins (13,23,24). Margir telja því notkun Doppler hjartaómunar og samfellulíkingarinnar nákvæmari aðferð til ákvörðunar flatarmáls ósæðarlokuþrengsla ef leki í lokunni er einnig til staðar (10,13,24).

Í nýlegri grein var beitt fjölþáttagreiningu til að finna þætti er gætu útskýrt mismun á ákvörðun flatarmála ósæðarlokuþrengsla með Doppler hjartaómun og við hjartaþræðingu. Þættir er óháð og marktækt tengdust auknum mun milli aðferðanna voru hátt eða lágt útstreymi yfir ósæðarlokuna, lágt útstreymisbrot, og reyndist munurinn meiri hjá konum en körlum (25). Ræðir greinin nánar hugsanlegar skýringar á þessum niðurstöðum, Rétt er þó að benda á, að mismunur sá, sem um er að ræða milli Doppler hjartaómunar og hjartaþræðingar er innan við endurtekningarnákvæmni beggja aðferðanna við ákvörðun flatarmáls ósæðarlokuþrengsla (10).

Í fyrirliggjandi rannsókn fannst einnig góð fylgni og samsvörun milli hámarks- og meðalþrýstingsfalla við mat með Doppler ómun og við hjartaþræðingu. Er þetta í samræmi við fyrri niðurstöður (1-4,26). Þó vanmat Doppler aðferðin lítilllega bæði þrýstingsföllin og hafa hugsanlegar skýringar þess verið raktar áður (26). Í heildina má því álykta að Doppler hjartaómun sé fullt eins nákvæm aðferð og hjartaþræðing til að ákvarða bæði þrýstingsföll og flatarmál þrengdrar ósæðarloku.

SUMMARY

Doppler echocardiographic (DE) assessment of the aortic valve area (AVA) by the continuity equation was done prior to cardiac catheterization in 85 patients with suspected aortic stenosis. DE determined AVA correlated closely with AVA calculated by Gorlin's equation at catheterization ($r=0.96$). However, DE systematically underestimated AVA ($p<0.001$), most markedly in patients with mild stenosis ($>1.2\text{ cm}^2$). This drawback, however, can usually be overcome by taking the patients' symptoms into account. In addition, in lack of a »gold standard« this AVA underestimation need not imply errors of the DE method, but may also reflect known inaccuracies of the catheterization technique. Therefore, overall DE can assess the AVA reliably.

HEIMILDIR

1. Hegrenæs L, Hatle L. Aortic stenosis in adults. Noninvasive estimation of pressure differences by continuous wave Doppler echocardiography. *Br Heart J* 1985; 54: 396-404.
2. Currie PJ, Seward JB, Reeder GS, et al. Continuous-wave Doppler echocardiographic assessment of severity of calcified aortic stenosis: a simultaneous Doppler-catheter correlative study in 100 adult patients. *Circulation* 1985; 71: 1162-9.
3. Yeager M, Yock PG, Popp RL. Comparison of Doppler-derived pressure gradient to that determined at cardiac catheterization in adults with aortic valve stenosis: implications for management. *Am J Cardiol* 1986; 57: 644-8.
4. Danielsen R, Nordrehaug JE, Stangeland L, Vik-Mo H. Limitations in assessing the severity of aortic stenosis by Doppler gradients. *Br Heart J* 1988; 59: 551-5.
5. Braunwald E. Aortic stenosis. In: Braunwald E, ed. *Heart disease: a textbook of cardiovascular medicine*. Philadelphia: WB Saunders, 1984; 1095-105.
6. Gorlin R, Gorlin SG. Hydraulic formula for calculation of the area of the stenotic mitral valve, other cardiac valves, and central circulatory shunts. I. *Am Heart J* 1951; 41: 1-29.
7. Kosturakis D, Allen HD, Goldberg SJ, Sahn DJ, Valdes-Cruz LM. Noninvasive quantification of stenotic semilunar valve areas by Doppler echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1984; 3: 1256-62.
8. Veyrat C, Gourtchiglouian C, Dumora P, Abtjol G, Sainte Beuve D, Kalmanson D. A new noninvasive estimation of the stenotic aortic valve area by pulsed Doppler mapping. *Br Heart J* 1987; 57: 44-50.
9. Hofmann T, Kaspere W, Meinertz T, Spillner G, Schlosser V, Just H. Determination of aortic valve orifice area in aortic valve stenosis by two-dimensional transesophageal echocardiography. *Am J Cardiol* 1987; 59: 330-5.
10. Skjærpe T, Hegrenæs L, Hatle L. Noninvasive estimation of valve area in patients with aortic stenosis by Doppler ultrasound and two-dimensional echocardiography. *Circulation* 1985; 72: 810-8.
11. Zoghbi W, Farmer KL, Soto JG, Nelson JG, Quinones MA. Accurate noninvasive quantification of stenotic aortic valve area by Doppler echocardiography. *Circulation* 1986; 73: 452-9.
12. Richards KL, Cannon SR, Miller JF, Crawford MH. Calculation of aortic valve area by Doppler echocardiography: a direct application of the continuity equation. *Circulation* 1986; 73: 964-9.
13. Smith MD, Kwan OL, DeMaria AN. Value and limitations of continuous-wave Doppler echocardiography in estimating severity of valvular stenosis. *JAMA* 1986; 255: 3145-51.
14. Croft CH, Libscomb K, Mathis K, et al. Limitations of qualitative angiographic grading in aortic and mitral regurgitation. *Am J Cardiol* 1984; 53: 1593-8.
15. Hatle L, Angelsen B. *Doppler ultrasound in cardiology*. Philadelphia: Lea & Febiger, 1985: 8-31 & 124-43.
16. Kennedy JW, Trenholm SE, Kasser IS. Left ventricular volume and mass from single-plane cineangiograms. A comparison of antero-posterior and right oblique methods. *Am Heart J* 1970; 80: 343-52.
17. Altman DG, Bland JM. *Measurements in medicine. The analysis of method comparison studies*. The Statistician 1983; 32: 307-17.
18. Teirstein P, Yeager M, Yock PG, Popp RL. Doppler echocardiographic measurements of aortic valve area in aortic stenosis: A noninvasive application of the Gorlin formula. *J Am Coll Cardiol* 1986; 8: 1059-65.
19. Segal J, Lerner DJ, Miller DC, Mitchell RS, Alderman EA, Popp RL. When should Doppler-determined valve area be better than the Gorlin formula? Variation in hydraulic constants in low flow states. *J Am Coll Cardiol* 1987; 9: 1294-305.
20. Cannon SR, Richards KL, Crawford M. Hydraulic estimation of stenotic orifice area: a correction of the Gorlin formula. *Circulation* 1985; 71: 1170-8.
21. Levett JM, Replogle RL. Thermodilution cardiac output: a critical analysis and review of the literature. *J Surg Res* 1979; 27: 392-404.
22. Schuster AH, Nanda NC. Doppler echocardiographic measurement of cardiac output: Comparison with a non-golden standard. *Am J Cardiol* 1984; 53: 257-9.
23. Herman MV, Cohn PF, Gorlin R. Resistance to blood flow by stenotic valves: calculation of orifice area. In: Grossman W, ed. *Cardiac catheterization and angiography* (2nd ed.). Philadelphia: Lea & Febiger, 1980: 124-30.
24. Peller OG, Wallerson DC, Devereux RB. Role of Doppler and imaging echocardiography in selection of patients for cardiac valvular surgery. *Am Heart J* 1987; 114: 1445-61.
25. Danielsen R, Nordrehaug JE, Vik-Mo H. Factors affecting Doppler echocardiographic valve area assessment in aortic stenosis. *Am J Cardiol* 1989; 63: 1107-11.
26. Danielsen R, Nordrehaug JE, Vik-Mo H. Mat ósæðarlokuþrengsla með Doppler-ómun. *Læknablaðið* 1988; 74: 379-84.